

PRŮZKUM STARÝCH DŮLNÍCH DĚL V OKOLÍ OBCE KAMENNÁ (SEVERNÍ ČÁST JIHLAVSKÉHO RUDNÍHO REVÍRU) – PŘEDBĚŽNÉ VÝSLEDKY

Exploration of old mine works around the village of Kamenná (northern part of the Jihlava Ore District) – preliminary results

Petr Stöhr¹, Karel Malý², Zdeněk Dolníček¹

¹ Katedra geologie, Přírodovědecká fakulta UP, 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc; e-mail: petrstohr@seznam.cz

² Muzeum Vysočiny Jihlava, Masarykovo náměstí 55, 586 01 Jihlava

(23–23 Jihlava)

Key words: Moldanubicum, Jihlava Ore District, Kamenná, historical mining, silver, freibergite, pyrite

Abstract

The work was focused on the mineralogical and montanistic exploration of field remnants after old silver mining in the vicinity of the village of Kamenná (northern part of the Jihlava Ore District). Four smaller mining areas are primarily located between the villages of Kamenná, Dobronín, and Nové Dvory. Old mine workings (a total of 81 items) are arranged in predominant direction NE–SW and NNE–SSW in the total length of 840 m. The best preserved are the mine workings situated nearest the Kamenná. Ore is formed by quartz-dominating vein. Quartz is white to gray in colour with very frequent cavities containing crystals of rock crystal. Pyrite and black sphalerite are the most common ore minerals found in all areas. Galena, arsenopyrite, and chalcopyrite occur less frequently. Electron microprobe determined chemistry of galena (Ag content from 0.001 to 0.035 apfu), sphalerite (admixture of Fe from 0.062 to 0.118 apfu), pyrite (0.008–0.036 apfu As), arsenopyrite, chalcopyrite (both compositionally pure), and rare inclusions of pyrargyrite (Ag 1.849 to 1.914 apfu), freibergite (4.678 to 5.966 apfu Ag, 0.386 to 1.319 apfu Zn), miargyrite (0.904 apfu Ag), and boulangerite. Carbonates (dolomite-ankerite series and siderite) were rarely found in only one mining area. The secondary mineral which dominates in all areas is brown limonite forming coatings with pulverous dark yellow jarosite. Malachite, cerussite, anglesite, and skorodite occur in smaller amounts. Slag found here are highly porous and dark. Most likely they are blacksmith slags, consisting primarily of wüstite, fayalite, and glass with some relics of quartz. In the dumps of a mine work numerous archaeological finds were identified, mainly ceramic shards with roof-like edges, sometimes decorated with ribbing and yellow-green glaze, which suggest that these objects were connected with wealthy people. In addition charcoal, animal bones, and blacksmith slags were found. These findings suggest the period of mining between 13th to 14th centuries.

Úvod

V severní části jihlavského rudního revíru, mezi obcemi Kamenná, Dobronín a Nové Dvory, se nachází oblast středověké těžby stříbrných rud, které byly z hlediska archeologického a mineralogického výzkumu dlouho opomíjeny.

O přesném období zahájení těžby se stále polemizuje, avšak nejspíše v roce 1238 byly v okolí Jihlavy objeveny mocné stříbrnosné žíly, což způsobilo velký rozruch ve většině Evropy, jak je zaznamenáno v italských a německých kronikách (Sláma 1996). Přesto se Jihlava a její rudní revír zapsaly do historie až díky vzniku horního práva roku 1290, které se stalo později základem pro horní práva v evropských, ale i zámořských oblastech (Sláma 1996).

Jihlavský rudní revír společně s Kamennou leží z regionálně geologického hlediska na v. okraji centrálního moldanubického plutonu. Větší část území je budována metamorfovanými horninami (proteozoického až paleozoického stáří) moldanubika a to jak pestrou, tak i jednotvárnou skupinou (Malý 1999).

Jednotvárná skupina je rozšířena na Z území a jsou v ní zastoupeny především biotitické a sillimanit-biotitické pararuly, často v různém stupni migmatitizace. V okolí moldanubického plutonu jsou ruly obvykle cordierit-biotitické. Spíše vzácně jsou mezi horninami jednotvárné skupiny zastoupeny i vložky kvarcitů, erlanů a amfibolitů.

V nadloží jednotvárné skupiny leží těleso tzv. hosovských granulitových rul. Jedná se o leukokrání granulitické ruly, jemnozrnné biotitické ruly s granátem a granát-biotitické a biotit-amfibolické migmatity (Pluskal – Vosáhlo 1998).

Pestrá skupina moldanubika tvoří převážnou část střední a východní části jihlavského rudního revíru. Převažují v ní opět sillimanit-biotitické pararuly (někdy s granátem nebo cordieritem), slabě až středně migmatitizované s velmi proměnlivým zastoupením pestrých horninových vložek jako grafitických hornin, krystalických vápenců, erlanů, amfibolitů, kvarcitů a mylonitů (Zajíček 1982).

Metamorfované horniny v zájmové oblasti mají foliační plochy orientované ve směru SSV–JJZ se sklonem 40° na ZSZ.

Metodika

Terénní průzkum byl zaměřen na zmapování výskytu hornických děl a zakreslení jejich polohy do map s pomocí GPS – v systému WGS 42. Na dokumentovaných lokalitách byly odebrány vzorky rudniny z odvalů šachtic a šlich z recentních sedimentů Zlatého potoka. Odebrané vzorky byly následně zpracovány mineralogickými metodami. Ze vzorků rudniny byly nejprve zhotoveny nábrusy a výbrusy, které byly po vyhodnocení v polarizačním mikroskopu analyzovány na mikrosondě. Složení šlichového vzorku

bylo studováno pod binokulární lupou a pomocí polarizačního mikroskopu v imerzi 1,1,2,2-tetrabrometanu.

Část vzorků byla analyzována elektronovým rastrovacím mikroskopem JEOL JSM-6490LV s připojeným EDX analyzáto-rem (Oxford Instruments). Snímkování bylo provedeno ve zpětně odražených elektronech, použito bylo urychlovací napětí 15 kV, délka načítání EDX spektra 60 s (analytik doc. J. Štelcl, Ústav geologických věd PŘF MU Brno).

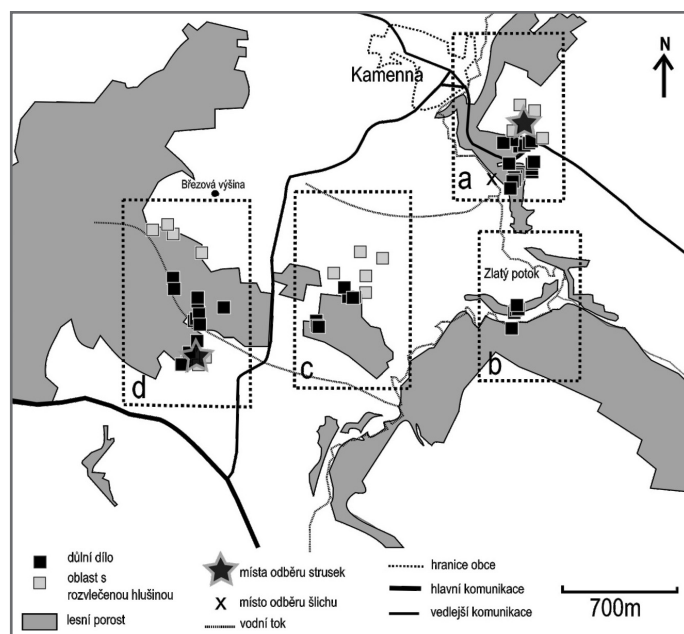
Druhá část vzorků byla analyzována na přístroji Cameca SX 100 na Ústavu geologických věd PŘF MU v Brně ve WDX modu (analytik Mgr. P. Gadas). Při analýze bylo použito napětí 25 kV a proud 20 nA. Použité standardy pro stanovení jednotlivých prvků: Ag – elementární Ag; S, Fe – FeS_2 ; Hg – Sulf_1HgTe ; Pb – PbS modified; Bi – ryzí Bi; Sn – elementární Sn; Cl – PbCl_2 ; Cd – Sulf_1CdTe ; Cu – ryzí Cu modified či chalkopyrit; Zn – ZnS ; Ni, As – pararammelsbergit; Co – ryzí Co; Mn – elementární Mn; Se – PbSe ; Sb – elementární Sb; In – InAs modified.

Pro rentgenovou práškovou difrakční analýzu byl použit difraktometr STOE Stadi-P, za použití záření $\text{CuK}\alpha$ s germanio- vým filtrem; analytikem byl dr. V. Vávra Ústavu geologických věd PŘF MU Brno. Identifikace přítomných fází byla provedena na základě srovnání difrakčních záznamů s databází JCPDS.

Topografie dolování

Pozůstatky po dolování byly v okolí Kamenné zjištěny ve čtyřech menších dílčích dobývacích areálech (obr. 1).

První, nejzachovalejší dobývací prostor se vyskytuje východně od obce Kamenná, po obou stranách komunikace vedoucí na Nové Dvory (obr. 1, oblast „a“). Vedou zde tři tahy šachtic. První tah je složen z deseti šachtic, přičemž začíná z poloviny apla- novanou dobývkou. V minulosti sahal tah dále, avšak byl zeměděl-

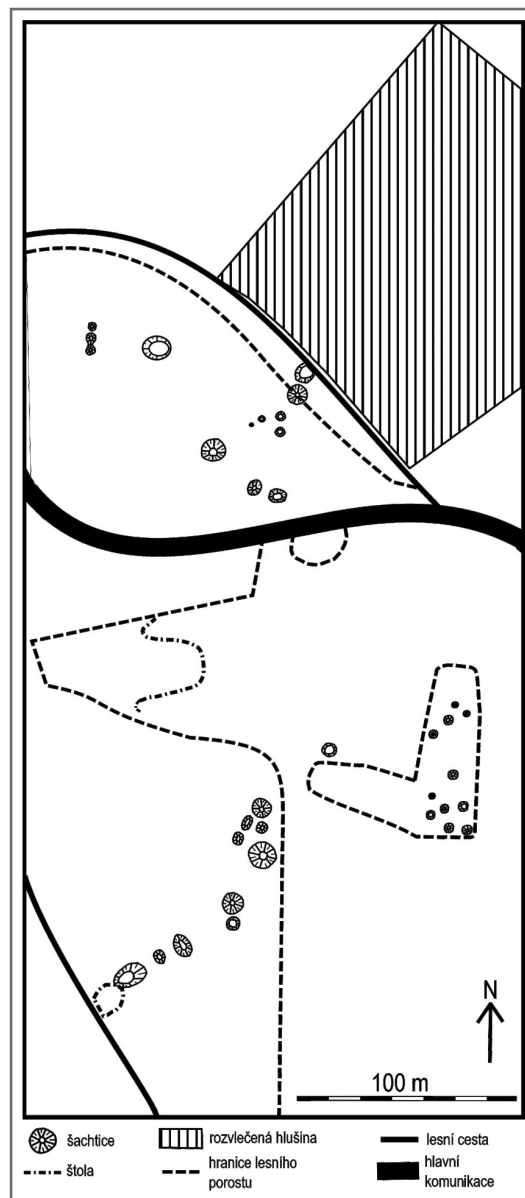


Obr. 1: Jednotlivé těžební areály (a–d) v okolí Kamenné. Čtverečky znázorňují jednotlivé pozůstatky po těžbě (šachtice, zasypaná ústí štol a místa s rozvlečenou hlušinou).

Fig. 1: Individual mining areas (a–d) in the vicinity of Kamenná. The squares represent the individual remains after mining (mining works, destroyed adit collars, and places where mined vein occurs), stars show the points where slags were collected, and X show the point where heavy mineral concentrate was panned.

skou činností rozvlečen na ploše 220×140 m. Tento tah byl navíc přibližně v polovině své délky narušen komunikací. Horní část dosahuje délky 90 m, spodní část 160 m. V mezeře vytvořené komunikací se nalézá zasypané ústí štol, které nasvědčuje směru díla VSV–ZJZ. Spodní část byla zakončena štolou, avšak ústí bylo zasypano a byl u něj postaven vodojem. V tahu se nacházejí šachtice do velikosti $13,5 \times 12$ m a hloubky až 2,8 m. Druhý tah se nachází východně od prvního. Je složen z šachtic menších rozměrů, které jsou považovány za průzkumné. Třetí tah se nalézá západně od prvního. Tvoří ho tři šachtice se vzájemně propojenými obvaly. První a třetí tah je veden ve směru SSV–JJZ, druhý je orientován SSZ–JJV (obr. 2).

Druhý menší areál se nachází 1,5 km na JV od Kamenné (obr. 1, oblast „b“). Vyskytují se zde dva menší šachticové tahy oddělené od sebe Zlatým



Obr. 2: Situace terénních pozůstatků po těžbě v oblasti „a“.

Fig. 2: The situation of field remnants after mining activities in the area „a“.

potokem. Na pravé straně potoka se nalézá zasypané ústí štoly, ze kterého prosakují důlní vody, odtékající mezi dvěma odvaly před ústím. Na štolu shora nasedají čtyři šachtice uskupené do dvojic. Šachtice první dvojice se vzájemně propojenými odvaly dosahují velikosti $9,5 \times 9,5 \times 0,3$ m a $6,5 \times 6,5 \times 0,3$ m. Šachtice druhé dvojice jsou taktéž odděleny obvaly, avšak jsou rozměrově různorodější ($10,5 \times 11 \times 2,5$ m oproti $4 \times 4 \times 0,6$ m). Na druhé straně potoka je taktéž zasypané ústí štoly, nad nímž je ve svahu situována jedna větší šachtice ($7 \times 5 \times 1,5$ m), kolem níž je několik menších (patrně jde o průzkumná díla). Oba dva tahy jsou vedeny ve směru SSV–JJZ, přičemž situace nasvědčuje tomu, že dobývaná žíla vede pod Zlatým potokem a spojuje oba dva tahy.

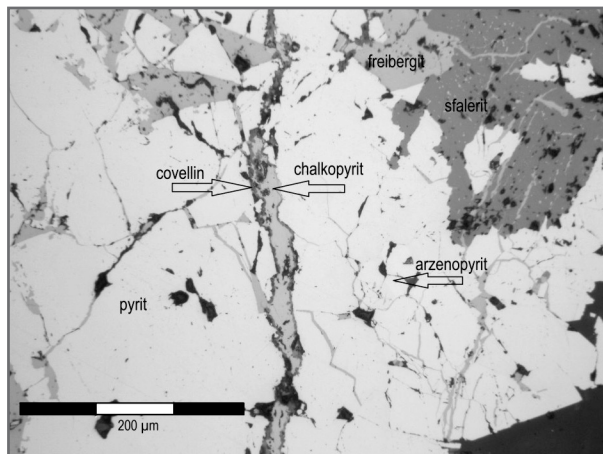
Třetí areál se nalézá 1,5 km na JJZ od Kamenné pod kótou Březová výšina (obr. 1, oblast „c“). Nacházejí se zde dva šachticové tahy se směry SZ–JV a SSV–JJZ. V prvním tahu je několik šachtic, přičemž dvě jsou zatopené vodou. Tento tah v minulosti pokračoval dále do polí, jak je patrné na leteckých snímcích z roku 1953.

Čtvrtý areál leží 2 km na JZ od Kamenné (obr. 1, oblast „d“). Tento šachticový tah je rozdělen potokem a loukou na dvě části. Severní část probíhá ve směru SSV–JJZ. Horní část je tvořena zachovalými šachticemi vzájemně propojenými obvaly, přičemž poslední šachtice má nejmohutnější rozměry ($8 \times 8 \times 2$ m). Ve spodní části se nacházejí dvě samostatné šachtice. Šachtice jižní části jsou orientovány směrem SV–JZ. Z terénního průzkumu je patrné, že délka této části je již redukována z obou stran a tak není jasné, jakých rozměrů tento tah původně dosahoval.

Mineralogická charakteristika nalezené rudniny

V obvalech důlních děl jsou zastoupeny především biotitické pararuly až migmatity s častým výskytem grafitu. Hlavním předmětem těžby zde byla křemenná žilovina (úločky dosahují velikosti až 50 cm) obsahující stříbrosnou rudu. Křemen je bílý až šedý, masivní až jemnozrnný, s častým výskytem dutinek s krystaly křemene až do velikosti 1 cm, vzácněji se nalézají i krystaly křišťálu do velikosti 0,5 cm. Mimo této generace se v oblasti vyskytuje i druhá, mladší generace křemene, tvořící ve starším křemenu mléčně bílé nebo šedé žilky. Vzácně se v hlušině vyskytují i karbonáty. Jedná se především o karbonáty dolomit-ankeritové řady (tvoří bílošedé, jemnozrnné agregáty, často již limonitizované) a siderit (nález pouze v areálu „a“ u Kamenné). Chemismus karbonátů byl ověřen analýzami na mikrosondě.

Mezi nejhojněji zastoupené rudní minerály, vyskytující se ve všech dobývacích areálech, patří pyrit (tvoří automorfní až hypautomorfní zrna do velikosti 1 cm s 0,008–0,036 apfu As), černý sfalerit (xenomorfní zrna do velikosti 0,5 cm s hojnými inkluzemi chalkopyritu s typickým zvýšeným obsahem železa 0,062–0,118 apfu Fe) a arzenopyrit (automorfní zrna, bez příměsí). Dalšími makroskopicky určenými nerosty jsou chalkopyrit (nepravidelná zrna a žilky o mocnosti max. prvních milimetrů (obr. 3) a galenit (tvoří nepravidelná zrna o velikosti do 5 mm, místy jsou zvýšené obsahy stříbra a zinku 0,001–0,035 apfu Ag a 0,020–0,037 apfu Zn), který byl



Obr. 3: Mikrofotografie nábrusu křemenné žiloviny z oblasti „a“ (odražené světlo).

Fig. 3: Ore-bearing quartz vein from area „a“ (polished section, reflected light).

nalezen ve dvou vzorcích v areálu nejbližší Kamenné (areál „a“). Ostatní minerály byly zjištěny až pomocí mikroskopických metod. Jde o pyrargyrit (obsah Ag 1,849–1,914 apfu), freibergit (mikroskopické inkluze v galenitu, obsah Ag 4,678–5,966 apfu, s příměsí zinku 0,386–1,319 apfu), miargyrit (obsah Ag 0,904 apfu) a boulangierit (bez příměsí). Reprezentativní výběr mikrosondových analýz rudních minerálů je v tab. 1.

Nejhojnějším sekundárním minerálem v oblasti je hnědý „limonit“ (povléká úlomky hlušiny a vyplňuje du-



Obr. 4: Tmavá vrstva v kopané sondě obsahující hlušinu a archeologické předměty.

Fig. 4: The dark layer in a probing containing vein and archaeological artefacts.

Tab. 1: Vybrané mikrosondové analýzy primárních rudních minerálů z Kamenné (hmot. %) a vypočítané empirické vzorce (apfu). Obsahy Hg, Bi, Sn, Ni, Co, Mn, Cl a Se byly ve všech případech pod mezí stanovitelnosti.

Tab. 1: Selected microprobe analyses of primary ore minerals from Kamenná (wt. %) and calculated empirical formulae (apfu). The contents of Hg, Bi, Sn, Ni, Co, Mn, Cl, and Se were in all cases below the detection limit.

Číslo an.	17 / 1 .	27 / 1 .	19 / 1 .	32 / 1 .	15 / 1 .	20 / 1 .	21 / 1 .	23 / 1 .	20
Vzorek	K1	K2	K1	K1	K1	K2	K2	K2	Ka 20
Minerál	sferit	pyrit	arzenopyrit	freibergit	galenit	boulangerit	miargyrit	pyrargyrit	
Ag	0,07	0,00	0,00	32,76	33,82	0,03	0,00	32,96	47,79
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	86,02	53,88	8,33	0,00
Cd	0,32	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	1,37	0,00	0,00	13,33	14,57	0,01	0,00	0,21	0,00
Fe	5,86	45,77	35,16	7,61	4,05	0,10	2,12	0,84	0,00
Zn	56,35	0,01	0,00	1,76	2,61	0,92	0,26	1,11	0,00
Mn	0,07	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
S	33,59	51,69	22,10	22,69	20,68	13,40	19,92	20,99	32,60
As	0,00	2,19	42,00	0,13	0,22	0,05	0,00	0,09	0,00
Sb	0,00	0,00	0,00	25,95	26,76	0,04	25,98	38,19	19,60
Celkem	97,63	99,68	99,28	104,23	102,76	100,57	102,16	102,72	99,99
Ag	0,001	0,000	0,000	4,678	5,966	0,001	0,000	0,904	1,914
Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,976	4,575	0,119	0,000
Cu	0,021	0,000	0,000	5,373	4,363	0,000	0,000	0,010	0,000
Fe	0,103	0,999	1,005	1,722	1,381	0,004	0,667	0,044	0,000
Zn	0,845	0,000	0,000	0,386	0,759	0,033	0,071	0,050	0,000
Cat_{sum}	0,973	0,999	1,005	12,161	12,475	1,014	5,313	1,128	1,914
S	1,027	1,965	1,100	12,691	12,274	0,982	10,931	1,937	4,391
As	0,000	0,036	0,895	0,028	0,056	0,002	0,000	0,004	0,000
Sb	0,000	0,000	0,000	4,110	4,182	0,001	3,754	0,928	0,695
An_{sum}	1,027	2,000	1,995	16,839	16,525	0,985	14,686	2,872	5,086
Apfu	2,000	2,999	3,000	29,000	29,000	1,999	19,999	4,000	7,000

tiny, často ho doprovázejí i hydrooxydy manganu), dále je velice častý výskyt žlutých práškových povlaků jarositu, který vyplňuje i dutiny v kavernózní žilovině. Ostatní sekundární minerály se vyskytují již v menším množství. Mezi ně patří cerusit, anglesit, skorodit a malachit, jenž je nejvýznamnější (nalezen na třech vzorcích, tvoří povlaky a agregáty do velikosti 0,5 cm). Jarosit a skorodit byly potvrzeny pomocí práškové rentgenové difrakční analýzy.

Orientační šlichová prospekce, provedená na Zlatém potoce, který protéká celou oblastí těžby (obr. 1), měla za cíl ověřit, zda-li jsou v potočních sedimentech přítomny strusky po zpracování stříbrné rudy. Po oddělení magnetických částic (magnetit, okuje a sférulky) se ve šlicu vyskytoval rutil, granát, ilmenit, turmalín, sillimanit a zirkon. Nalezen byl pouze jediný fragment strusky, což nenásleduje hutnickému zpracování rudy přímo v oblasti těžby.

Archeologické nálezy

Na obvalu jedné šachtice byla vykopána sonda, ve které byla nalezena v hloubce 0,2 m vrstva, zbarvená do černa (obr. 4). V této vrstvě byly nalezeny předměty archeologického rázu. Nejhojnějšími artefakty byly keramické střepy nádob, které jsou zhotoveny z jílovité hlíny s hrubě zrnitým ostřivem a s přidávkou grafitu. Některé tyto nálezy jsou zdobeny žlábkováním a zelenožlutou glazurou. Tento nálezy je zajímavý vzhledem k obdobným nálezům v městském prostředí v centru Jihlavy (Zimola 2010). Okraje jsou typicky střechovité, což podporuje názor

o časovém zařazení období těžby do 13.–14. století. V obvalu byly nalezeny také železné předměty (hřebky, ostruha), uhlíky, zvířecí kosti a strusky.

Úlomky strusky byly také získány povrchovým sběrem z míst, kde se v minulosti nacházely dobývkové tahy, které jsou dnes již aplanovány (obr. 1). Většina strusky byla získána z výše zmíněné sondy. Tyto strusky jsou černé až šedohnědé, silně porézní, často povlečené hnědým limonitem. Ve výbrusech jsou jasně viditelné lišty fayalitu, keříčky wüstitu a sklo, které v některých struskách převládá a bývá čiré až hnědočerné. Místy se vyskytují i neroztavené reliktové křemene. Jde pravděpodobně o kovářské strusky.

Závěr

V oblasti bylo zaměřeno celkem 81 hornických děl po těžbě stříbrných rud, které jsou rozmístěny ve čtyřech menších areálech. V prvním (nejbližší Kamenné, oblast „a“) a druhém (1,5 km jv. od Kamenné, oblast „b“) areálu se nacházejí celkem čtyři zasypaná ústí štol. Díky těmto zjištěným údajům lze v porovnání s ostatními oblastmi nacházejícími se v jihlavském rudním revíru těžbu označit za středně rozsáhlou.

Rudní minerály se vyskytují v kavernózní žilovině, v níž jsou obvykle po primárních sulfidech dutinky vyplněné sekundárními minerály („limonitem“, jarositem a hydrooxydy manganu). Z primárních rudních minerálů je nejčastěji zastoupen pyrit (obsahující občas inkluze sfaleritu), železem bohatý sfalerit černé barvy (obsahující inkluze chalkopyritu) a arzenopyrit. Stříbrnosý galenit obsahující i inkluze freibergitu, pyrargyritu a miargyritu byl nepochybně hlavní těžbou užitkovou komponentou. Mineralizace, jež se zde vyskytuje, byla zařazena Pokorným a Pošmurným (1972) do minerální asociace: černý sfalerit + kyzy (pyrit, pyrhotin, arzenopyrit) ± karbonáty. Tato asociace se nalézá v celé sledované oblasti Kamenné, přičemž je celkově nejrozšířenějším zrudněním v jihlavském rudním revíru (Bernard et al. 1981).

Poděkování

Autoři děkují P. Gadasovi, J. Štelcovi a V. Vávrovi (MU Brno) za asistenci při práci na mikrosondě a na rentgenové práškové difrakční analýze. Analytické práce byly finančně podpořeny projektem IGA UP PrF/2012/004. Recenzní připomínky prof. B. Fojta (MU Brno) a dr. J. Večeři (ČGS Jeseník) významně přispěly k vylepšení rukopisu.

Literatura

- Bernard, J. H. – Čech, F. – Kopecký, L. – Dudek, A. – Hovorka, D. – Staněk, J. – Petránek, J. – Paděra, K. (1981): Mineralogie Československa, 2. vyd. Academia, Praha.
- Malý, K. (1999): Jihlavský rudní revír – přehled geologie a mineralogie. – Sborník Dolování stříbra a mincování v Jihlavě, 15–27. Muzeum Vysočiny, Jihlava.
- Pluskal, O. – Vosáhlo, J. (1998): Jihlavský rudní revír. – Vlastivědný sborník Vysočiny, oddíl věd přírodních, 157–191.
- Pokorný, J. – Pošmourný, K. (1972): Metalogenetické mapy ČSSR 1 : 200 000, listy Liberec, Jihlava, Jindřichův Hradec – Věstník Ústředního ústavu geologického, 47, 355–363, Praha.
- Sláma, J. (1996): Těžba stříbra v okolí města Jihlavy. – Jihlavský netopýr. Jihlava.
- Zajíček, P. (1982): Jihlavský rudní revír a jeho mineralogie. – Národní muzeum v Praze a Společnost přátel Národního muzea. Praha.
- Zimola, D. (2010): Zpráva o archeologické akci – Kamenná. – MS, závěrečná zpráva, Muzeum Vysočiny Jihlava.